

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Юнаков Л. П.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПЛАНИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Информационно-измерительная техника и технологии
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А3 КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А3 КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	5	3	108	51	17	0	34	57	0	0	57	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика**

год набора группы: 2024

Программу составили:

Кафедра АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ  
Ходосов Владимир Викторович, к.т.н., доцент, доцент

\_\_\_\_\_

Кафедра АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ  
Куклин Дмитрий Игоревич, ассистент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ**

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ**

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПЛАНИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-6.2 — способность сопровождать процесс подготовки и проведения испытаний космических аппаратов, космических систем и их составных частей на всех этапах жизненного цикла
ПСК-6.3 — способность проводить в соответствии с техническим заданием теоретические и экспериментальные исследования в области создания новых образцов космической техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-6.2**

*знания:*

понятий о множестве неконтролируемых факторов в процессе испытаний, приводящих к погрешности измерений и требующих учета при планировании эксперимента;

способов составления математических моделей поиска и принятия решений, методы рационализации планов эксперимента;;

*умения:*

составлять математические модели, позволяющие проводить идентификацию объекта и поиск оптимальных решений;;

*навыки:*

владеть методами статистического исследования полученных результатов, методами составления и анализа моделей функционирования;.

### **ПСК-6.3**

*знания:*

понятий о множестве неконтролируемых факторов в процессе испытаний, приводящих к погрешности измерений и требующих учета при планировании эксперимента;

способов составления математических моделей поиска и принятия решений, методы рационализации планов эксперимента;;

*умения:*

составлять математические модели, позволяющие проводить идентификацию объекта и поиск оптимальных решений;;

*навыки:*

владеть методами статистического исследования полученных результатов, методами составления и анализа моделей функционирования;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПЛАНИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ИСПЫТАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ КА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-2 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-7 — Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-6.2	ПСК-6.3
3	5	Раздел 1. Статистический анализ результатов экспериментов. Виды погрешностей преобразования сигналов. Проверка статистических гипотез. Выявление грубых ошибок. Точечные и интервальные оценки. Метод наименьших квадратов. Погрешности косвенных измерений. Основы регрессионного и дисперсионного анализа.	54	24	8	16	30	30	30
3	5	Раздел 2. Планирование эксперимента. Методы рационализации однофакторного эксперимента. Планирование многофакторного эксперимента. Кодирование факторов, составление плана, оценка однородности результатов, определение коэффициентов модели, проверка адекватности модели. Планирование эксперимента для поиска оптимальных условий. Поиск области оптимума; градиентные методы, симплекс-методы. Описание области: композиционные планы.	38	18	6	12	20	30	30
3	5	Раздел 3. Анализ результатов эксперимента. Оценка однородности результатов, определение коэффициентов модели и оценка их значимости, проверка адекватности модели.	16	9	3	6	7	40	40
Всего за 5 семестр			108	51	17	34	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	17	34	57	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Статистический анализ результатов экспериментов.	Описание сигнала с помощью полиномов Лагранжа и Чебышева с расчетом погрешности интерполирования.	4
2		Статистическая оценка наличия «грубой» ошибки.	2
3		Проверка статистических гипотез о подтверждении экспериментальных данных расчетного значения; о равенстве результатов измерений, проведенных разными группами; об однородности (воспроизводимости) измерений.	6
4		Построение гистограммы; проверка статистической гипотезы о форме закона распределения.	4
5	Раздел 2. Планирование эксперимента.	Составление плана однофакторного эксперимента с использованием полинома Чебышева и рандомизации.	2
6		Составление моделей и планов полного и дробного экспериментов. Анализ результатов факторного эксперимента: выявление выбросов, оценка однородности модели. Расчет коэффициентов модели факторного плана, определение коэффициентов модели с натуральными факторами.	4
7		Поиск области оптимума градиентным методом; построение модели идентификации области оптимума и формирование композиционного плана; расчет коэффициентов оптимизационной модели.	6
8	Раздел 3. Анализ результатов эксперимента.	Расчет коэффициентов модели планов 2к и оценка их значимости; расчет коэффициентов оптимизационной модели и оценка их значимости; проверка адекватности модели.	6
Всего за 5 семестр			34

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов

1	Раздел 1. Статистический анализ результатов экспериментов.	Подготовка к практическим занятиям	10
2		Подготовка к лекциям	10
3		Подготовка к контрольной работе	10
4	Раздел 2. Планирование эксперимента.	Подготовка к практическим занятиям	10
5		Подготовка к лекциям	10
6	Раздел 3. Анализ результатов эксперимента.	Подготовка к практическим занятиям	7
<b>Всего за 5 семестр</b>			<b>57</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5				ТекК		ДР		Контр.Р.		ДР		ТекК				ДР	ТекК, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Баранов. . Планирование и проведение экспериментального исследования. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, 78 экз.
2. А. А. Баранов. . Оценка погрешностей измерения при испытаниях ракетно-космической техники. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 41 экз.
3. А. А. Баранов. . Планирование и проведение экспериментального исследования. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
4. Н. И. Сидняев. . Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
5. С. В. Бочкарёв, Н. Н. Васильева, А. Л. Галиновский. . Планирование и обработка результатов эксперимента. Старый Оскол: ТНТ, 2020, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Датчики и системы;
2. Информационно-измерительные и управляющие системы.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Mathcad Education - University Edition Term.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.



## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Интерактивная доска;
2. Mathcad Education - University Edition Term.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ПЛАНИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-6.2 способность сопровождать процесс подготовки и проведения испытаний космических аппаратов, космических систем и их составных частей на всех этапах жизненного цикла;

ПСК-6.3 способность проводить в соответствии с техническим заданием теоретические и экспериментальные исследования в области создания новых образцов космической техники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с экспериментальным обеспечением процесса исследований. Рассматривается концепция многофакторного эксперимента: кодирование факторов, составление плана, оценка однородности результатов, определение коэффициентов модели, проверка адекватности модели. Также изучаются наиболее эффективные стратегии получения оптимальных результатов: градиентные методы, симплекс-методы и др., применение композиционных планов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Статистический анализ результатов экспериментов.		
Подготовка к практическим занятиям	А. А. Баранов. . Планирование и проведение экспериментального исследования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1) Н. И. Сидняев. . Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: Москва: Юрайт, 2020 (2)	10
Подготовка к лекциям	С. В. Бочкарёв, Н. Н. Васильева, А. Л. Галиновский. . Планирование и обработка результатов эксперимента: Старый Оскол: ТНТ, 2020 (9)	10
Подготовка к контрольной работе	А. А. Баранов. . Оценка погрешностей измерения при испытаниях ракетно-космической техники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (4)	10
Итого по разделу 1		30
Раздел 2. Планирование эксперимента.		
Подготовка к практическим занятиям	А. А. Баранов. . Планирование и проведение экспериментального исследования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (2)	10
Подготовка к лекциям		10
Итого по разделу 2		20
Раздел 3. Анализ результатов эксперимента.		
Подготовка к практическим занятиям	А. А. Баранов. . Планирование и проведение экспериментального исследования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (3)	7
Итого по разделу 3		7

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- контрольная работа;
- вопросы для текущего контроля;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Контрольная работа

Решение всех задач, правильные численные результаты, аккуратное и грамотное оформление – «отлично»;

Решение 3-х задач, аккуратное и грамотное оформление – «хорошо»;

Наличие ошибок в численных результатах – «удовлетворительно»;

Неправильный ход решения, неверные численные результаты – «неудовлетворительно».

Задачи входят в состав УМК дисциплины.

#### Вопросы для текущего контроля

Ответы на три вопроса:

- три правильных ответа - "отлично"
- два правильных ответа - "хорошо"
- один правильный ответ - "удовлетворительно"

Вопросы входят в состав УМК дисциплины

#### Дифференцированный зачет

Оценка за зачет может быть поставлена по результатам полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий. Оценка выставляется как среднее арифметическое полученных оценок в семестре. При сдаче зачета оценка может быть повышена на один балл при правильных ответах на три вопроса преподавателя.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-6.2	ПСК-6.3	
3	5	Раздел 1. Статистический анализ результатов экспериментов.	54	24	8	16	30	30	30	Контрольная работа
3	5	Раздел 2. Планирование эксперимента.	38	18	6	12	20	30	30	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 3. Анализ результатов эксперимента.	16	9	3	6	7	40	40	Вопросы для текущего контроля
Всего за 5 семестр			108	51	17	34	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	17	34	57	100	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-6.2

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 **Пассивный эксперимент это**
  - № 2 Для массива измерений 10, 20, 15, 14, 13, 10, 19 определить среднее значение
  - № 3 Для чего используется значение статистического критерия Стьюдента?
  - № 4 Для чего используется критерий Фишера?
  - № 5 Какую область описывает уравнение регрессии, полученное с помощью ПФЭ?
  - № 6 **Как зависит среднеквадратическое отклонение (СКО) от степени аппроксимационного полинома?**
  - № 7 **В каком случае следует использовать аппроксимацию?**
  - № 8 **Активный эксперимент это**
  - № 9 Что такое медиана в наборе данных?
  - № 10 Что такое СКО?
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Если В есть результат транспонирования матрицы А(М, N), то матрица В содержит:
  - № 2 В каком случае приведен правильный результат суммирования 2-х матриц:
  - № 3 Для диагональной матрицы справедливо следующее утверждение:
  - № 4 Квадратная матрица является невырожденной, если:
  - № 5 Сколько коэффициентов парного взаимодействия в ПФЭ?
  - № 6 **В каком случае следует использовать интерполяцию?**
  - № 7 **По какому принципу проводится кривая при аппроксимации числовых данных:**
  - № 8 **В каком случае при обработке массивов чисел возрастает влияние ошибок в исходных данных на конечный результат:**
  - № 9 Для массива измерений 10, 20, 15, 14, 13, 10, 19 определить медиану
  - № 10 Для массива измерений 10, 20, 15, 14, 13, 10, 19 определить среднее отклонение

### ПСК-6.3

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Что такое взаимодействие факторов?
  - № 2 В чем смысл критерия в ПФЭ
  - № 3 Смысл критерия ротатабельности в ПФЭ
  - № 4 Как проверить воспроизводимость опытов?
  - № 5 **Какие задачи решает планирование эксперимента?**
  - № 6 Что такое математическое ожидание случайной величины?
  - № 7 Что такое дисперсия случайной величины?
  - № 8 Какие бывают типы случайных величин?
  - № 9 **Число обусловленности cond(A)**
  - № 10 Интерполяция это
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Сколько необходимо экспериментов в ПФЭ при числе факторов 5?
  - № 2 Как определяются коэффициенты в модели в ПФЭ?
  - № 3 Основные свойства матрицы планирования ПФЭ
  - № 4 **Для какой кривой при аппроксимации обусловленность матрицы плана будет меньше?**
  - № 5 В чем цель стандартизации масштаба факторов в ПФЭ
  - № 6 Какие эксперименты чаще всего встречаются на практике?
  - № 7 Какой критерий используется для проверки значимости коэффициентов уравнения регрессии?
  - № 8 Какой критерий используется для проверки адекватности уравнения регрессии?
  - № 9 Совместное влияние на параметр оптимизации нескольких факторов называется
  - № 10 Какие задачи решает дисперсионный анализ?